



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Stabilitet af dolossskråninger

Brorsen, Michael; Burcharth, Hans F.; Larsen, Torben

Publication date:
1973

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Brorsen, M., Burcharth, H. F., & Larsen, T. (1973). *Stabilitet af dolossskråninger*. Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning. Bulletin Nr. 3

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



BULLETIN NR. 3

MICHAEL BRORSEN

H. F. BURCHARTH

TORBEN LARSEN

STABILITET AF DOLOSSKRÅNINGER

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIÖRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

DANMARKS INGENIØRAKADEMI

DK: 627.6

Danmarksgade 19

9000 Aalborg

Danmark

telefon (08) 160533

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

BULLETIN NR. 3

STABILITET AF DOLOSSKRÅNINGER

MARTS 1973

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Introduktion	side	1
1.1 Betegnelser og definitioner	side	3
2. Konklusion vedrørende dolosblokkes stabilitet	side	4
3. Forsøgsopstillingen	side	6
3.1 Modelblokke	side	7
3.2 Opbygning af skråning	side	7
3.3 Bølger og bølgemåling	side	7
3.4 Registrering af blokkenes bevægelse	side	8
4. Beskrivelse af de enkelte forsøg	side	9
4.1 Dolosblokke på skråning med $a = 1,0$	side	9
4.2 Dolosblokke på skråning med $a = 1,5$	side	10
4.3 Dolosblokke på skråning med $a = 2,0$	side	10
4.4 Indflydelsen af udlægningen af dolosblokke	side	11
4.5 Forsøg til sammenligning af stabilitet af dolosblokke og søsten med samme vægt	side	11
5. Sammenfatning og bearbejdning af forsøg	side	13
5.1 Indførelse af definitioner til beskrivelse af ødelæggelser i skråning	side	13
5.2 Forsøgene beskrevet ved ødelæggelsesgrader	side	14
5.3 Beregning af stabilitetsfaktoren, K i Hudsons formel	side	16
6. Sammenligning med tidligere publicerede resultater	side	18
6.1 Sammenligning med [1], [2] og [3]	side	18
6.2 Sammenligning med [5]	side	19
6.3 Sammenligning med [7]	side	20
7. Anvendeligheden af Hudsons formel	side	21
8. Litteraturhenvisninger	side	22
9. Summary in English	side	23

1. Introduktion

Stenkastninger har været anvendt i århundreder som dækværk i havne og kystsikringsværker. I begyndelsen af dette århundrede blev den kubiske betonblok et konkurrencemæssigt alternativ til naturstenen, og i de sidste årtier har man udviklet forskellige mere raffinerede betonbloktyper som tetrapoden, tripoden, akmon m.v. i bestræbelserne for at reducere betonmængderne i dækværkerne.

I 1965 benyttedes for første gang en ny bloktype benævnt dolos (se fig. 1-1). En kastning opbygget af dolosblokke har udvist den hidtil bedste stabilitet overfor bølgepåvirkning. Til belysning af dette kan som eksempel nævnes, at for given bølgepåvirkning kræves kun en blokvægt på 15-20% af den nødvendige blokvægt for kubiske blokke.

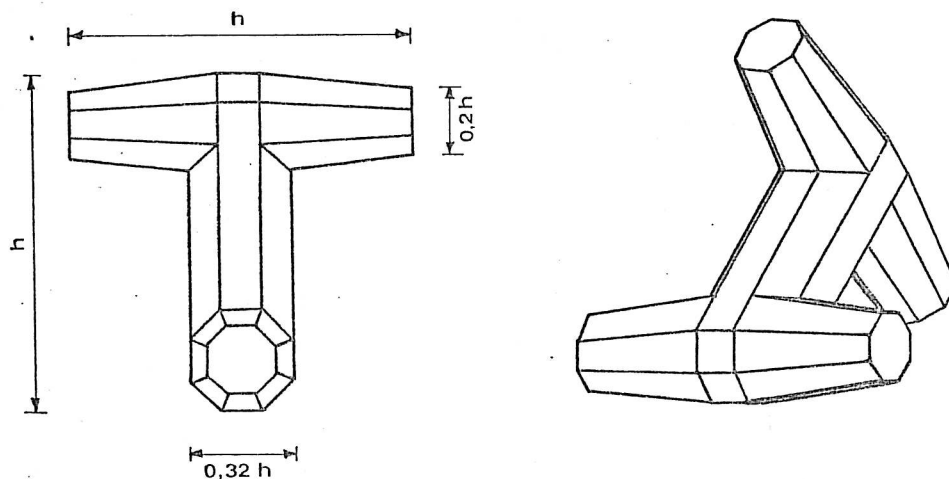


fig. 1-1 Dolosblokken

Dolosblokkernes kvalitet beror i høj grad på deres evne til indbyrdes at låse sig sammen. Da de øvrige blokke slet ikke eller i mindre grad har denne evne, har det vist sig, at beskadigelsen af en dolosmole ikke følger det for andre blokke sædvanlige mønster.

Da de i litteraturen nævnte modelforsøg ikke giver en nøjere beskrivelse af de stabilitetskriterier, som er nødvendige for en sammenligning af de forskellige blokke, har laboratoriet for at belyse problemet udført en række modelforsøg med stenkastninger og doloskastninger.

Dolosblokken, som er udviklet i Syd Afrika, er hidtil kun benyttet et sted i Danmark, ved forlængelsen af dækmolen i Hirtshals havn (se fig. 1-2). I samarbejde med Laboratoriet for Landmåling, DIAB, Aalborg, arbejder laboratoriet i øjeblikket med en opmåling af de bevægelser, der foregår af dolosblokkene i denne dækmole. Formålet er for det første at kontrollere modelforsøgene og for det andet at belyse de forhold, som ikke har ladet sig undersøge ved modelforsøg, bl.a. dolosblokkenes mekaniske styrke.



fig. 1-2 Forlængelsen af dækmolen i Hirtshals
under udførelse i august 1972

1.1 Betegnelser og definitioner

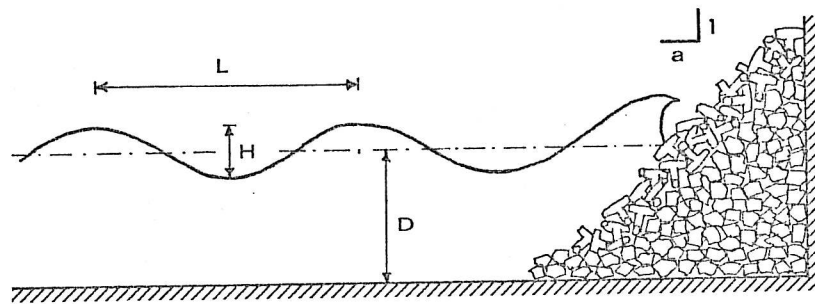


fig. 1.1-1

H bølgehøjde

L bølgelængde

D vanddybde

a skråningsanlæg målt som cotangens til vinklen mellem skråningsplan og vandret.

2. Konklusion vedrørende dolosblokkes stabilitet

Nedenfor gives konklusionen af både egne forsøgsresultater såvel som de i litteraturen (se afsnit 8 Litteraturhenvisninger) beskrevne forsøg:

1. Definitioner af beskadigelser.

Nedbrydning af en doloskråning beskrives hensigtsmæssigt ved følgende ødelæggelsesgrader:

1. grad Ingen blokke bevæger sig.
2. grad Blokkene kan rokke og dreje, men bliver ikke flyttet.
3. grad Enkelte blokke flyttes, men dæklaget forbliver stabilt.
4. grad Blokke flyttes fortsat indtil dæklaget er ødelagt.
5. grad Dæklaget nedbrydes meget hurtigt.

2. Doloskråningens stabilitet beskrevet ved ovennævnte definitioner.

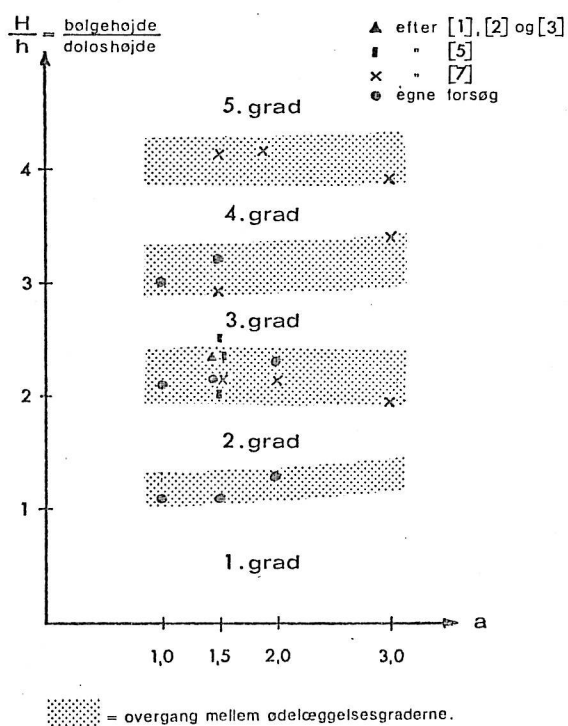


fig. 2-1

I ovenstående fig. 2-1 er sammenfattet resultatet af undersøgelsen.

Abcisseaksen i diagrammet angiver skråningsanlægget, a , ordinataksen angiver bølgehøjden, H i forhold til blokhøjden, h , jfr. fig. 1-1. Blokrumvægten er forudsat lig 2,3 gange vandets rumvægt.

I diagrammet kan direkte aflæses, hvilken beskadigelse en bestemt bølgehøjde vil give et dæklag af dolosblokke med anlæg a .

3. Dimensionering af dolosskråninger.

Dimensionering af dolosskråninger kan foretages ud fra fig. 2-1, idet det anbefales at benytte overgangen mellem 2. og 3. ødelæggelsesgrad som dimensioneringskriterium.

4. Forskellen mellem beskadigelsen af en stenskråning og en dolos-skråning.

Forudsættes en stenskråning og en dolosskråning dimensioneret til at modstå samme bølgepåvirkning, vil en given overbelastning på de to skråninger medføre en væsentlig større beskadigelse af stenskråningen end af dolosskråningen.

5. Anvendelse af Hudsons formel til dimensionering af dolosskråninger.

Resultaterne viser, at Hudsons formel ikke kan anvendes til at dimensionere dæklag af dolosblokke.

6. Skalaeffekt.

Forsøgene viser en svag tendens til en forøgelse af stabiliteten ved en forøgelse af modelblokstørrelsen, hvilket formentlig skyldes skalaeffekt. Hvis dette er korrekt, vil anvendelsen af resultaterne fra de nævnte modelforsøg være på den sikre side.

3. Forsøgsopstillingen

Forsøgene blev udført i laboratoriets bølgebassin (se Bulletin nr. 1 Introduktion af Laboratoriet). Moletværnsnittet blev opbygget i en 50 cm bred kasse. På nedenstående fig. 3-1 er vist snit i forsøgsopstilling med angivelse af de vigtigste dimensioner. Vanddybden var 25 cm ved samtlige forsøg.

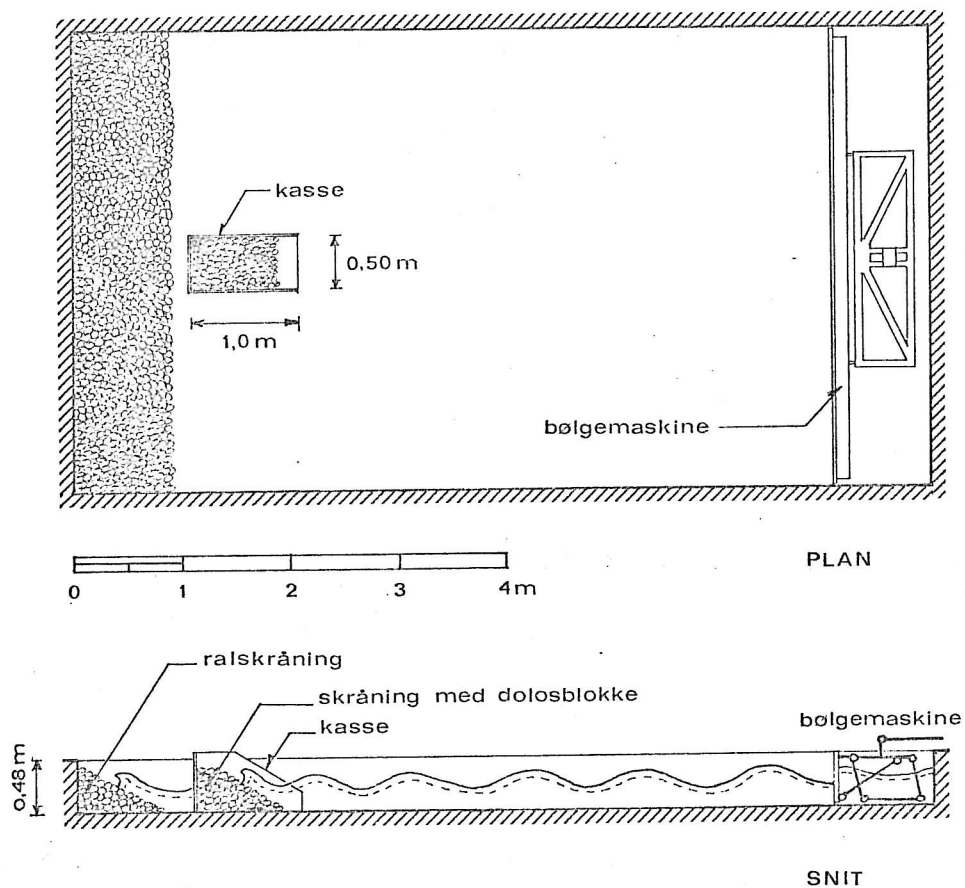


fig. 3-1 Bølgebassin

3.1 Modelblokke

Modelblokkenes vægt var 38 g, højden 4,5 cm og rumvægten $2,3 \text{ t/m}^3$ svarende til rumvægten af uarmeret beton.

Der viste sig at være adskillige vanskeligheder forbundet med støbningen af modelblokkene, idet den valgte blokstørrelse formentlig nærmer sig den nedre grænse for støbning af blokke i cementmørtel.

Udgangspunktet for fremstilling af forme var en modelblok i rustfrit stål. Herefter fremstilledes to halve forme. Efter flere mislykkede forsøg blev det klart, at for at støbe dolosblokke måtte der benyttes en elastisk form, for ikke at beskadige de ikke helt afbundne blokke ved udtagningen. Silikonegummi viste sig at give de bedste resultater.

Som støbemateriale blev forsøgt med en almindelig cementmørtel med fint sand og en smule jernspåner, af hensyn til vægten. Dette gav udmærkede blokke, men de skulle hærde mindst et døgn i formene. Den hurtigste fremstilling af blokkene blev opnået med anvendelse af lige dele efter vægt af cement og gibs, hvortil der blev tilsat jernspåner i passende mængde. Hærdningstiden for disse var $\frac{1}{2}$ -1 time.

3.2 Opbygning af skråning

Inderst blev moletværsnittet opbygget af almindelig ral. Dog var underlaget ved stejlehed 1:1 skarpkantede skærver. På underlaget blev dolosblokkene anbragt i to lag. Ved udlægningen af modelblokkene blev tilstræbt samme pakning som ved Hirtshalsmolen, d.v.s. hver enkelt blok placeredes i bedst mulig indgreb med de underliggende. Dette baserer sig på personlige samtaler med entreprenør og havnemyndighed ved Hirtshals havn.

I denne pakning ligger blokkene øjensynligt helt uregelmæssigt. Det angives i 1. at ved en pakning efter et regelmæssigt mønster, opnås en yderligere stabil skråning. En pakning som denne vil dog næppe kunne udføres i praksis.

3.3 Bølger og bølgemåling

Moletværsnittene blev ved alle forsøg påvirket af bølger med en periode på 1 sec. Ved vanddybden 25 cm har disse bølger en længde på 1,30 m. Forholdet mellem vanddybde og bølgelængde var derfor 0,19. For disse bølger vil det gælde, at forholdet mellem de vandrette storakser for partikelbevægelserne ved henholdsvis bund og overflade er 0,55, hvilket også er forholdet mellem de maksimale, vandrette partikelhastigheder. Der er således tale om en mellemting mellem grundvands- og dybvandsbølger.

Bølgehøjden blev målt med den i Bulletin nr. 1 nævnte bølgemåler. Nøjagtigheden ved aflæsningen af bølgehøjden skønnes til 0,5 cm.

3.4 Registrering af blokkenes bevægelse

Blokkenes bevægelse blev primært registreret ved en nøje direkte observation af skråningen. Samtlige observationer blev noteret i målebog med angivelse af alle relevante data, således at hændelsesforløbet bedst muligt kunne rekonstrueres.

Endvidere foretoges fotografering af skråningerne på flere stadier af nedbrydningen. Med henblik på fotograferingen blev et mindre antal blokke farvet mørke, hvilket viste sig nødvendigt for en tilfredsstillende tolkning af fotografierne.

4. Beskrivelse af de enkelte forsøg

Følgende forsøg blev gennemført:

1. Dolosskråning med anlæg 1,0
2. Dolosskråning med anlæg 1,5
3. Dolosskråning med anlæg 2,0
4. Undersøgelse af udlægningens indflydelse
5. Sammenligning mellem dolosblokke og søsten.

Flere af forsøgene blev gentaget med henblik på at finde en egnet terminologi til beskrivelse af blokkenes bevægelser.

4.1 Dolosblokke på skråning med $a = 1,0$

Den store stejlhed bevirkede, at der måtte anvendes skærver som underlagsmateriale i stedet for ral som ved de øvrige forsøg.

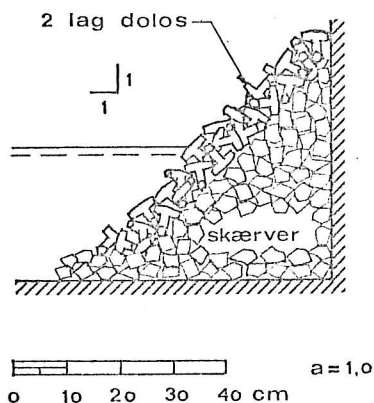


fig. 4.1-1

Ved forsøgene viste det sig, at de første blokke som regel begyndte at røkke ved $H = 5-6$ cm. De første blokke flyttedes ved $H = 9-10$ cm, og det var sjældent, at en blok kunne "finde fæste" igen, når den først var revet løs. De fleste trillede henover resten af dæklaget helt ned i nærheden af skråningsfoden. Skråningen var overraskende stabil, og først ved $H \approx 13-14$ cm begyndte den at blive instabil på den måde, at ødelæggelserne ikke ophørte med tiden. Ved denne bølgehøjde blev der til stadighed flyttet blokke, men det skete med moderat hastighed.

Man må dog forvente, at en skråning i naturen pludselig bliver meget ustabil, når først dæklaget er gennembrudt. Denne effekt blev ikke iagttaget, da underlaget var forholdsvis store skærver ($W \approx 60-70$ g).

Det skal endvidere nævnes, at det ingen øjensynlig effekt havde, at fylde ujævnhederne i skærveunderlaget ud med ral inden udlægningen af dolosblokkene. Dette er i overensstemmelse med, at det i [7] angives, at underlagets tæthed er af ringe betydning på grund af dolosdæklagets store porøsitet.

4.2 Dolosblokke på skråning med $a = 1,5$

I dette tilfælde blev underlaget opbygget af ral, som vist på fig. 4.2-1.

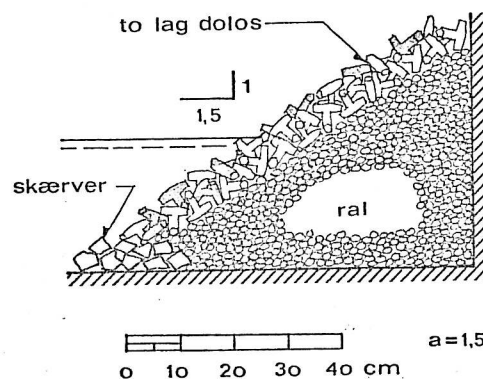


fig. 4.2-1

I denne skråning begyndte de første blokke at rukke ved $H = 5-6$ cm, og de første blokke flyttedes ved $H = 9-10$ cm. Ved dette anlæg havde blokkene mindre tendens til at rulle helt ned ved skråningsfoden, idet en ret stor del af de løsrevne blokke fandt "fæste" igen nedenfor tilbage-skylsområdet. Denne skråning begyndte at blive ustabil ved $H = 14-15$ cm, men forekom en del vanskeligere at ødelægge end skråningen med $a = 1,0$.

4.3 Dolosblokke på skråning med $a = 2,0$

Denne skråning blev opbygget som vist på fig. 4.3-1.

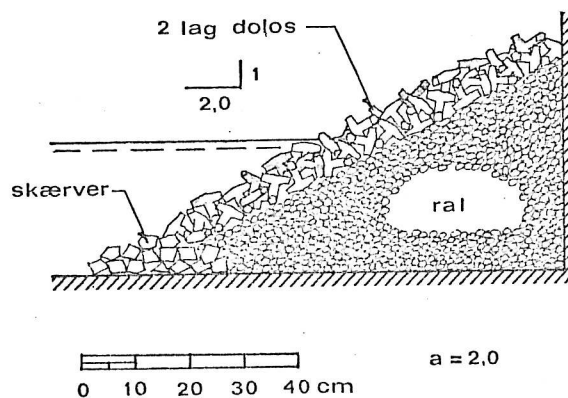


fig. 4.3-1

I skråningerne med $a = 2,0$ viste det sig, at blokkene begyndte at røkke, når $H = 6-7$ cm, og flytningerne begyndte først ved $H = 10-11$ cm. Det skal bemærkes, at kun 1-2 blokke blev flyttet, hvorefter skråningen igen var stabil. De flyttede blokke fandt fæste igen, og de øvrige blokke havde konsolideret sig så meget, at yderligere flytninger ikke blev observeret selv med $H_{\max} = 15$ cm.

Til sammenligning bør nævnes, at ved de stejlere skråninger blev 4-5 blokke som regel flyttet ved den mindste bølgehøjde, der kunne skabe flytninger, og nye blokke blev flyttet, hver gang bølgehøjden blev øget.

4.4 Indflydelsen af udlægningen af dolosblokke

Der blev foretaget et enkelt forsøg med en dolosskråning ($a = 1,5$), hvor blokkene ikke blev udlagt så omhyggeligt som ved de øvrige forsøg. Blokkene blev lagt, uden at der blev gjort noget forsøg på at få dem til at gribe godt ind i hinanden.

Det viste sig, at de første blokke begyndte at røkke ved $H \approx 5$ cm, og de første flytninger skete ved $H \approx 7$ cm, d.v.s. ved en bølgehøjde, der var 2 cm mindre, end hvis skråningen havde været stablet mere omhyggeligt.

Resultatet er ikke helt trivielt, da det kunne forventes, at dolosblokkene under bølgepåvirkningen ville kile sig sammen, så sædvanlig stabilitet ville være opnået.

4.5 Forsøg til sammenligning af stabilitet af dolosblokke og søsten med samme vægt

Til forsøget blev anvendt anlægget $a = 1,5$ og skråningerne var opbygget som vist på fig. 4.5-1.

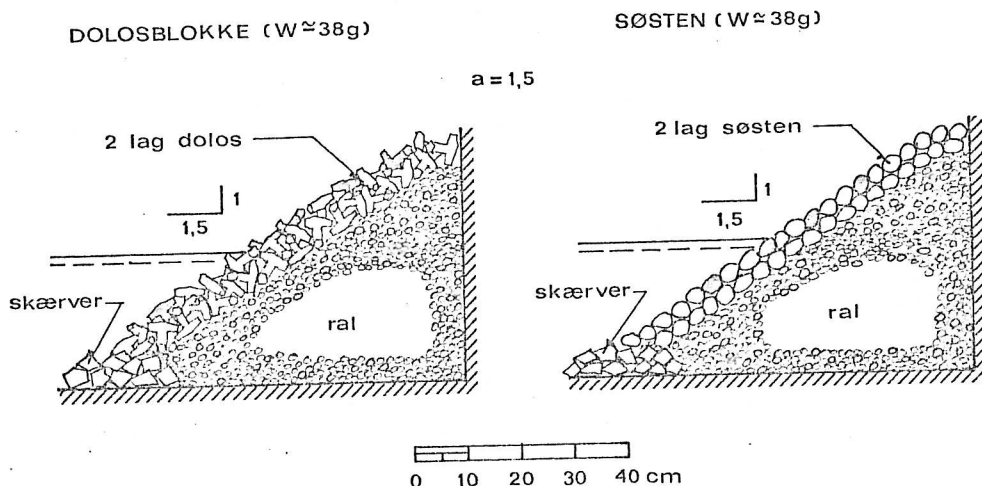


fig. 4.5-1

For at kunne foretage en sikker sammenligning af ødelæggelserne på de to skråninger, blev disse etableret umiddelbart ved siden af hinanden. Herved blev betydningen af usikkerheden ved bølgegenereringen og bølgemålingen reduceret.

Det viste sig, at $H = 5$ cm ikke gav bevægelser i skråningerne. Derimod begyndte dolosblokkene at rokke ved $H = 6$ cm. Ved denne bølgehøjde skete der flytninger i søstensskråningen i vandlinien og ved $H \approx 7$ cm måtte skråningen anses for at være ustabil.

Det ses således, at søstensskråningen kun har et meget kort interval mellem de bølgehøjder, der kan rokke stenene, og de bølgehøjder der gør skråningen ustabil. Dette må skyldes, at stenene ikke kan gribe ind i hinanden, således som dolosblokkene gør.

5. Sammenfatning og bearbejdning af forsøg

Ved alle nyudlagte dolossskråningen kunne det iagttages, at blokkene allerede ved ret små bølgehøjder begyndte at rokke. Denne rokning havde dog en tendens til at ophøre efter et stykke tid, idet de gentagne bølgepåvirkninger bevirkede, at skråningen "konsoliderede sig" ved en sammenkiling af blokkene. Det er ikke muligt at afgøre, om disse rokninger vil bevirke ødelæggelser af blokkene i prototypen, da modeldolosblokkenes styrke relativt er alt for stor. Det kan ikke afvises, at noget sådant kan ske, men på den anden side hævder [1], at ødelæggelser ved rokning ikke er forekommet ved East London-bølgebryderen i Syd Afrika.

Når bølgehøjden dernæst blev øget så meget, at de første dolosblokke blev løsrevet, viste det sig (især ved de stejle skråninger), at blokkene af op- og tilbageskyl blev rullet hen over resten af dolossskråningen, og i en del tilfælde endte de ved skråningsfoden. I alle tilfælde var det blokkene lige omkring vandlinien, der først begyndte at blive flyttet.

Hvis bølgehøjden ikke blev ændret, ophørte disse flytninger af blokke efter ret kort tid (~ 5 min), og skråningen viste sig atter stabil. Det var altså kun de dårligst "forankrede" blokke, der blev løsrevet.

Dette hændelsesforløb gentog sig, når bølgehøjden atter blev øget.

Ved de stejleste skråninger opnåede man med den maksimale bølgehøjde, bølgemaskinen kunne generere, en tilstand, hvor flytningerne af blokke ikke ophørte med tiden, men ødelæggelsen af skråningen skred dog langsomt frem.

Det lykkedes ikke ved nogen af de 3 dolossskråninger, at få en hurtig ødelæggelse, således som det opnåedes med en søstensskråning.

5.1 Indførelse af definitioner til beskrivelse af ødelæggelser i skråning

Det i ovennævnte afsnit beskrevne hændelsesforløb, som gentog sig ved alle forsøgene bevirkede, at en special beskrivelse af ødelæggelserne måtte anvendes, og der valgtes at beskrive ødelæggelserne stort set som gjort i [5]. Der opereres med 5 forskellige grader af ødelæggelse, som angivet nedenfor.

Ved en beskrivelse anvendes følgende definitioner:

- a) rokning = bevægelse af blokke på stedet
 - b) flytning = bevægelse af blokke mere end 1 egenlængde bort fra oprindelig plads.
1. grad Ingen bevægelse overhovedet af blokke i dæklaget.
 2. grad Blokkene kan rokke og dreje, men bliver ikke egentlig flyttet.
 3. grad Enkelte blokke flyttes, men dæklaget forbliver stabilt. Beskadigelsen sker første gang dæklaget påvirkes, og den forøges ikke med tiden.
 4. grad Blokke flyttes, og dette fortsætter med tiden indtil dæklaget er ødelagt.
 5. grad Dæklaget nedbrydes i løbet af kort tid.

5.2 Forsøgene beskrevet ved ødelæggelsesgrader

Bearbejdelsen af forsøgsresultaterne bestod først i en afgørelse af ved hvilke bølgehøjder, der skete overgang fra en ødelæggelsesgrad til den næste. Denne afgørelse blev truffet på grundlag af bemærkninger nedskrevet under forsøget samt en gennemgang af de fotografier, der blev taget ligeledes under forsøget.

Denne inddeling i ødelæggelsesgrader kunne vanskeligt gøres med bedre nøjagtighed end $\frac{1}{2}$ til 1 cm. For det første var der en usikkerhed i selve bølgemålingen ($\sim \frac{1}{2}$ cm), og for det andet blev der kun anvendt bølgehøjdedifferencer på 1 cm, når bølgehøjden skulle øges. Hvis blokkene f.eks. lå helt stille ved $H = 4$ cm og rokkede ved $H = 5$ cm, kunne det derfor kun slutes, at overgangen mellem 1. og 2. ødelæggelsesgrad lå i intervallet mellem 4 og 5 cm. Denne usikkerhed blev markeret ved de grå områder i det diagram, der angiver sammenhængen mellem ødelæggelsesgrad og bølgehøjde. Den lodrette udstrækning af det grå område markerer den omtrentlige usikkerhed (se nedenstående fig. 5.2-1).

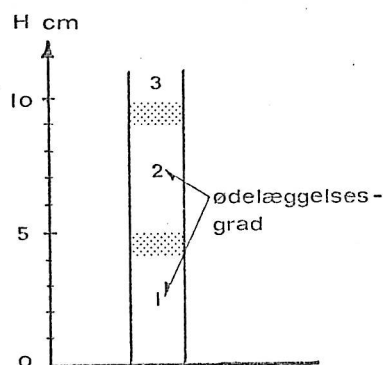


fig. 5.2-1

Det skal endvidere bemærkes, at der ved forsøgene ikke blev foretaget nogen nøjagtig optælling af antallet af flyttede blokke. Det var derfor ikke muligt at angive de flyttede blokke i % af f.eks. det totale antal anvendte blokke. Ligeledes kunne det ikke angives, hvor mange blokke der blev flyttet f.eks. pr. 100 m længde i prototypen ved en given bølgehøjde.

Hvis sådanne tal skal opgives samt have en rimelig nøjagtighed, kræves der et stort antal forsøg med hver skråningstype, hvilket den tidsmæssige ramme for forsøgene ikke tillod.

Derimod kan inddelingen i ødelæggelsesgrader fastlægges med den ovennævnte nøjagtighed allerede efter få forsøg.

Resultatet af denne inddeling i 5 ødelæggelsesgrader ses på fig. 5.2-2 og fig. 5.2-3.

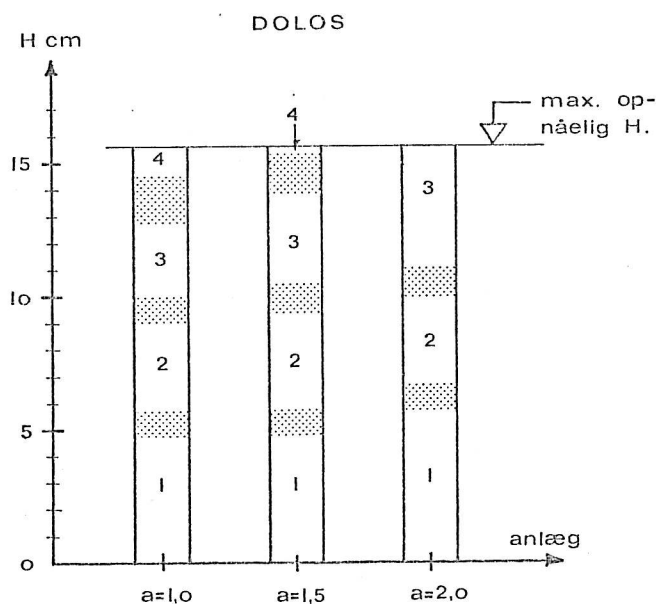


fig. 5.2-2 Ødelæggelsesgradens afhængighed af bølgehøjde og skråningsanlæg

Af fig. 5.2-2 ses tydeligt, at skråningens anlæg kun har ret lille indflydelse på størrelsen af de bølger, der kan flytte dolosblokkene. Anlæggets indflydelse på stabiliteten ses først rigtigt, hvis bølgehøjden øges yderligere. Ikke alene indtræder ødelæggelsesgrad 3 senere, jo fladere skråningen er, men antallet af blokke, der flyttes lige efter overgangen til 3. grad, er også mindre. Endvidere har dolosblokkene større mulighed for at finde fæste igen efter en flytning på de flade skråninger.

Af fig. 5.2-3 ses tydeligt, at dolosblokkene er søstenene langt overlegne til at modstå bølgepåvirkninger.

Det ses ligeledes, at søstenene kun er i 2. og 3. ødelæggelsesgrad i et meget lille bølgehøjdeinterval.

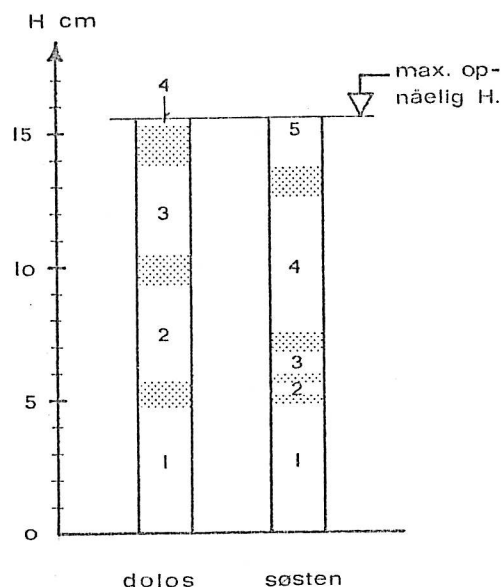


fig. 5.2-3 Stabilitet af dolosblokke ($W = 38 \text{ g}$) og søsten ($W = 38 \text{ g}$) ved $a = 1,5$.

5.3 Beregning af stabilitetsfaktoren, K i Hudsons formel

Til beregning af den nødvendige blokvægt ved dimensionering af skrånin-
ger benyttes i praksis ofte Hudsons formel,

$$W = \frac{1}{K} \cdot \frac{\gamma_s H^3}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cdot a}$$

hvor

W er blokkenes vægt

H er bølgehøjden

γ_s er blokkenes rumvægt

γ_w er vandets rumvægt

a er skråningsanlægget

K er en dimensionsløs faktor, der normalt kun afhænger af blokkenes
form, samt den tilladte ødelæggelsesgrad.

Benyttes det sædvanlige kriterium for ingen beskadigelse (svarende til
overgangen mellem 2. og 3. ødelæggelsesgrad) til beregning af K , fås
følgende sammenhørende værdier af K og a for de udførte forsøg:

Dolosskråning

a	1,0	1,5	2,0
K	20-27	14-19	14-18

Stenskråning

a	1,5
K	2,5-3,0

Da en nøjere diskussion af anvendelsen af Hudsons formel ikke skønnes mulig på dette grundlag, henvises til afsnit 7, hvor forsøgsresultater fra andre laboratorier drages ind i vurderingen.

6. Sammenligning med tidligere publicerede resultater

6.1 Sammenligning med [1], [2] og [3]

I [1], [2] og [3] er angivet de i fig. 6.1-1 viste værdier af stabilitetsfaktoren K i Hudsons formel.

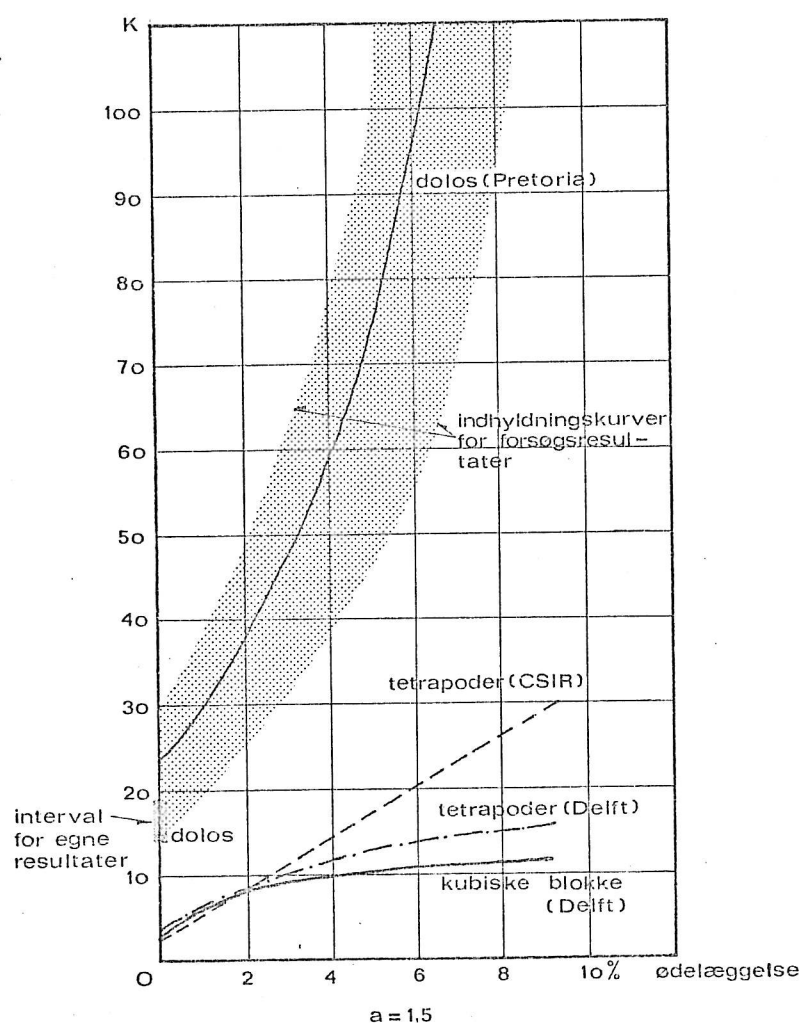


fig. 6.1-1 Stabilitetsfaktor K efter [1] anlæg 1,5

Samtlige forsøg, som ligger til grund for disse resultater, er udført med skråningsanlæg 1,5. Blokstørrelsen for dolosblokkene var henholdsvis 993 g, 427 g og 185 g. Imidlertid var de forskellige blokstørrelser ikke fuldstændig geometrisk ligedannede og dette, sammenholdt med vanskeligheden ved at opnå ensartet udlægning fra gang til gang, giver for-

mentlig forklaringen på, at de til 0% beskadigelse svarende K-værdier lå i intervallet fra 15 til 30.

Ud fra Hudsons formel findes, at den opgivne middelværdi på $K = 24$ svarer til en relativ bølgehøjde (bølgehøjde divideret med blokhøjde) på $\frac{H}{h} = 2,3$, hvilket afviger mindre end 10% fra egne resultater.

I litteratur [1], [2] og [3] er ikke angivet en nøjere definition af begrebet ødelæggelse (se fig. 6.1-2), men det må formodes, at f.eks. 1% ødelæggelse skal tolkes således, at 1% af antallet af blokkene i dæklaget er fjernet. Varigheden af forsøgene er ikke omtalt.

I [1] angives endvidere den interessante oplysning, at 19,75 t dolosblokke på East-London bølgebryderen (Syd Afrika) placeret med anlæg 1,25 har modstået 7,5 m høje bølger uden at bevæge sig. Forholdet mellem bølgehøjde og blokhøjde kan i dette tilfælde beregnes til 2,0.

6.2 Sammenligning med [5]

Der er i [5] gengivet en del forsøgsresultater, hvor forsøgene blev udført i målestok 1:16 og alle med skråningsanlæg 1,5. Der blev anvendt forskellige blokstørrelser.

Nedenstående er angivet de i [5] nævnte forsøgsresultater i en bearbejdet form.

Forsøg med skråningsanlæg 1,5.

W Modelblok- vægt	h Modelblok- højde	H Bølgehøjde ved overgang mellem ødelæggelsesgrad 2 og 3	$\frac{H}{h}$
g	cm	cm	
38 ^x	4,5 ^x	9,5-10,0 ^x	2,1 ^x
46	5,0	10,0	2,0
159	7,5	17,3	2,3
170	7,7	17,5	2,3
183	7,9	19,6	2,5

x egne forsøg

Der må her konstateres tilfredsstillende overensstemmelse mellem de to forsøgsserier.

Selv om det er vanskeligt at vurdere nøjagtigheden ved de i [5] nævnte forsøg, tyder resultaterne dog på en voksende stabilitet med voksende blokstørrelse, hvilket formentlig skyldes skaleeffekt.

6.3 Sammenligning med [7]

[7] giver en grundig beskrivelse af en omfattende forsøgsserie med dolosblokke udsat for både regelmæssige og uregelmæssige bølger. Også her udtrykkes tvivl om det hensigtsmæssige i at anvende Hudsons formel, og der arbejdes med definitioner for bevægelsen af blokkene, som svarer til de i afsnit 5.2 nævnte, idet der dog ikke registreres forskelle mellem 1. og 2. grad.

I nedenstående skema er resumeret de vigtigste resultater ved forsøgene.

	a = 1,5	a = 2,0	a = 3,0
modelmateriale	gibs-cement	gibs-cement	termoplast
modelblokvægt	90 g	90 g	14,5 g
blokhøjde h	6,1 cm	6,1 cm	3,4 cm
bølgehøjde ved overgang mellem ødelæggelsesgrad 2 og 3 H	13 cm	13 cm	6,4 cm
$\frac{H}{h}$	2,1	2,1	1,9
stabilitets- faktor i Hudsons formel K	17,5	13,0	6,5

Disse resultater er ligeledes i god overensstemmelse med egne resultater (jfr. fig. 2-1).

Samtidig ses tydeligt, at doloskråningens stabilitet, inden for forsøgenes grænser, er uafhængig af skråningsanlægget.

Af væsentlig interesse er de i [7] nævnte resultater af sammenligninger mellem forsøg med henholdsvis regelmæssige og uregelmæssige bølger. Det fremgår heraf, at der kun er små afvigelser mellem anvendelsen af bølgehøjden for regelmæssige bølger og den signifikante bølgehøjde for uregelmæssige bølger.

I [7] omtales endvidere, at stabiliteten af doloskråningerne aftager svagt med voksende bølgelængde. Imidlertid synes en kritisk tolkning af resultaterne i [7] ikke at vise denne tendens, når hensyn tages til forsøgsunøjagtigheden.

7. Anvendeligheden af Hudsons formel

I nedenstående fig. 7-1 ses sammenhørende værdier af stabilitetsfaktoren K (beregnet med en bølgehøjde svarende til overgang mellem ødelæggelsesgrad 2 og 3) og skråningsanlæg.

Det ses af fig. 7-1, at stabilitetsfaktoren K i Hudsons formel ikke er konstant for varierende anlæg, hvorfor formelen ikke kan anses for værende egnet til dimensionering af doloskråninger.

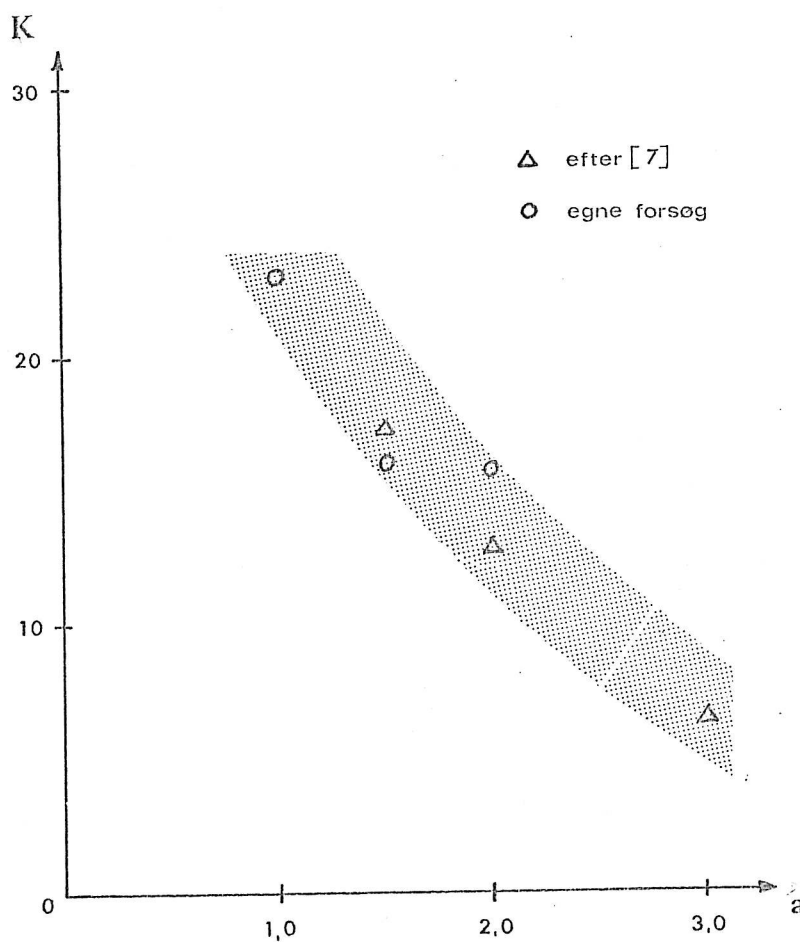


fig. 7-1

8. Litteraturhenvisninger

- [1] Merrifield, E. M., Zwamborn, J. A. (1966): "The economic value of a new breakwater armour unit Dolos", Proc. of 10th Conf. on Coastal Eng. Tokyo 1966.
- [2] Merrifield, E. M. (1968): "Dolos concrete armour protection", Civil Engineering, Dec. 1968.
- [3] Merrifield, E. M. (1970): "Dolos - a new breakwater and coastal protection block", The Dock and Harbour Authority, April 1970.
- [4] Mangoon, O. T., Shimizu, N. (1971): "Use of Dolos Armor units in rubble-mound structures e.g. for conditions in the arctic", Proc. of 1th int. conf. on port and ocean Eng. under arctic conditions. Trondheim 1971.
- [5] Paul, M. W., Baird, W. F. (1971): "Discussion on breakwater armour units", Proc. of 1th int. conf. on port and ocean Eng. under arctic conditions. Trondheim 1971.
- [6] Paape, A., Walther, A. W. (1962): "Akmon armour unit for cover layers of rubble mound breakwaters", Hydraulics Laboratory Delft, publ. no. 27, 1962.
- [7] Hydraulics Research Station, Wallingford (1970): "High Island water scheme - Hong Kong. A study on the use of dolos armour units for wave protection on the seaward face of the Eastern Dam", Report no EX 532.
- [8] Hudson, R. Y. (1959): "Laboratory investigation of rubble-mound breakwaters", Proc. A.S.C.E., Waterways and Harbours division, sept. 1959.

9. Summary in English

The stability of Dolos armour blocks against wave attack has been investigated in wave model studies.

Below the most important parameters for the model studies have been summarized:

Block height	4,5 cm
Block density	2,3 g/cm ³
Water depth	25 cm
Wave period	1 sec
Wave length	130 cm
Wave height	from 0 to 15 cm
Type of waves	regular

On the basis of the model studies and the results from the accessible literature the following conclusions have been drawn:

1. Definitions of damage.

The demolition of a dolos-slope can suitably be described using the following terms:

1. degree(grad) No movement at all.
2. degree(grad) Blocks can rock, but will not move from mean position.
3. degree(grad) A few blocks will move, but the armour layer remains stable.
4. degree(grad) Blocks are moved continuously until the armour layer is destroyed.
5. degree(grad) The armour layer is destroyed in short time.

2. The stability of the dolos-slope described in the abovementioned terms.

See fig. 2-1. H is wave height, h is dolos height and a is the slope. The transition between the degrees of damage has been marked with the grey screen.

3. Design of dolos-slope.

Fig. 2-1 can be used directly, and it is recommended to use the transition between 2. and 3. degree as designcriterion.

4. The difference between damage on rubble mound slope and dolos-slope.

The results show that a certain overloading (f.ex. 1,5 x design wave) will cause a considerable greater damage on the rubble mound slope than on the dolos-slope.

5. Hudson's formula

The results show that Hudson's formula is not applicable to design dolos-slope.

6. Scale effect

The investigation shows a weak tendency to increasing stability with increasing seize of block. This is a reasonable argument for saying that the modeltest is probably on the safe side.

Tidligere udkomne bulletiner:

- Bulletin nr. 1 H. F. Burcharth og Torben Larsen
 "Introduktion af laboratoriet" december 1971
- Bulletin nr. 2 H. F. Burcharth og Torben Larsen
 "Elementær laboratoriepraktik for bygningsingeniør-
 studerende" april 1972